DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECANICA

CARRERA DE:

- [ ] Mecánica
- [x] Mecatrónica

ASIGNATURA

- [ ] Automatización Industrial Mecánica
- [ ] Instrumentación Industrial Mecánica
- [x] Instrumentación Aplicada a la Mecatrónica

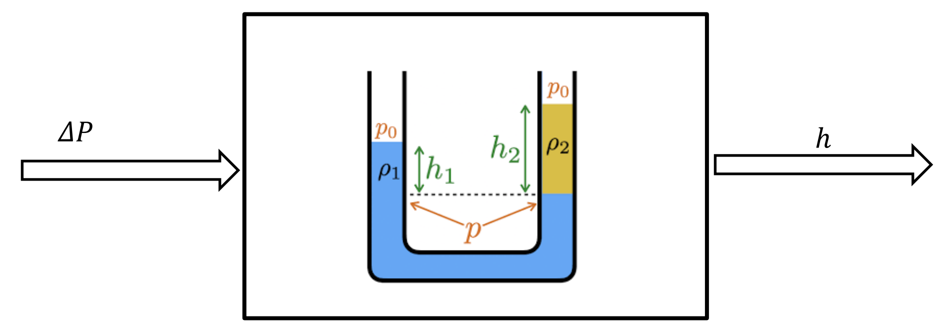
TRABAJO PREPARATORIO No. 1

INTEGRANTES

Nombre	Paralelo
Taco Cabrera Mauricio Joseph	15017
Rivera Montenegro Joshua Alexander	15017

FECHA DE ENTREGA	HORA
30/05/2024	12:00

a) **Determine la señal de entrada y salida del dispositivo de tubo en U**



La señal de entrada en un tubo en U generalmente es la presión del fluido en ambos brazos del tubo. Se trata de un dispositivo de medición de presión diferencial, por lo que la señal de entrada se puede definir como las presiones P_1 y P_2 en cada brazo del tubo. La diferencia entre estas dos presiones es la presión diferencial que el tubo en U está diseñado para medir.

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

Señal de Salida

La señal de salida de un tubo en U es típicamente la altura diferencial del fluido en los dos brazos del tubo $\boldsymbol{h}$. Esta diferencia de altura está relacionada con la presión diferencial mediante la ecuación:

$$\Delta P = \rho g h$$

donde:

- ΔP es la presión diferencial.
- ρ es la densidad del fluido en el tubo.
- g es la aceleración debida a la gravedad.
- h es la diferencia de altura del fluido en los dos brazos del tubo.

b) **Determine la ecuación y la función de transferencia del manómetro de tubo en U.**

$$\boldsymbol{\sum F_y = ma}$$

$$F_p - F_g - F_f = ma$$

$$F_p = fuerza\ ejercida\ por\ la\ diferencia\ de\ presión$$

$$F_g = fuerza\ recuperación\ debido\ a\ la\ columna\ de\ líquido$$

$$F_f = Fuerza\ de\ fricción\ del\ líquido$$

$$F_p = \Delta PA \qquad F_g = 2\rho g h A \qquad F_f = \frac{32AL\eta}{D^2}\frac{dh}{dt}$$

Donde:

- L = Longitud
- A = Área transversal
- ρ = densidad
- g = gravedad
- η = viscosidad dinámica

Reemplazamos

$$\Delta PA - 2\rho ghA - \frac{32AL\eta}{D^2}\frac{dh}{dt} = ma$$

$$m = V\rho \rightarrow \quad AL\rho \qquad a = \frac{d^2h}{d^2t} \qquad velocidad = \frac{dh}{dt}$$

$$\Delta PA - 2\rho ghA - \frac{32AL\eta}{D^2}\frac{dh}{dt} = AL\rho\frac{d^2h}{d^2t}$$

$$\Delta P = L\rho\frac{d^2h}{d^2t} + \frac{32L\eta}{D^2}\frac{dh}{dt} + 2\rho gh$$

Consideramos tanto a la presión $\Delta P(t)$ como a la altura $h(t)$como funciones dependientes del tiempo, por lo tanto, para encontrar su función de transferencia podemos pasar al campo de la frecuencia usando la transformada de Laplace:

$$\Delta P(s) = H(s)\left[L\rho s^2 + \frac{32L\eta}{D^2}s + 2\rho g\right]$$

La función de transferencia $G(s) = \frac{Output(s)}{Input(s)}$ se expresa de la siguiente manera

$$G(s) = \frac{1}{L\rho s^2 + \frac{32L\eta}{D^2}s + 2\rho g}$$

c) Escoja un software para poder simular el dispositivo por medio de su ecuación o función de transferencia.

- Definimos valores para las constantes:
  - ✓ $L = 0.15\, m$
  - ✓ $g = 9.81\, m/s^2$
  - ✓ $\rho = 1260\, \frac{kg}{m^3}$
  - ✓ $D = 0.03m$
  - ✓ $\eta = 1.49\, \frac{kg}{m*s}$ glicerina a 20°C

$$G(s) = \frac{1}{189s^2 + 7946.67\, s + 24721.2}$$

$$\frac{H(s)}{P(s)} = \frac{1}{189s^2 + 7946.67\, s + 24721.2}$$

$$si\ \Delta P(t) = 150\,000\, Pa \rightarrow P(s) = \frac{150000}{s}$$

$$H(s) = \frac{793.62}{(s^2 + 42.04\, s + 130.8)s}$$

$$H(s) = \frac{793.62}{(s + 3.384)(s + 38.656)s}$$

$$H(s) = \frac{A}{s + 3.384} + \frac{B}{s + 38.656} + \frac{C}{s}$$

$$As(s+38.656)+Bs(s+3.384)+C(s+3.384)(s+38.656)=793.62$$
$$As^2+As*38.656+Bs^2+Bs*3.384+Cs^2+42.04Cs+130.811C=793.62$$
$$A+B+C=0$$
$$38.686A+3.384B+42.04C=0$$
$$130.811C=793.62$$
$$A=-6.64\,;B=0.573;C=6.067$$
$$H(s)=\frac{-6.64}{s+3.384}+\frac{0.573}{s+38.656}+\frac{6.067}{s}$$
$$L^{-1}(H(s))=L^{-1}\left(\frac{-6.64}{s+3.384}+\frac{0.573}{s+38.656}+\frac{6.067}{s}\right)$$
$$h(t)=6.067-6.64e^{-3.384t}+0.573e^{-38.656t}$$
$$\lim_{t\to\infty}6.067-6.64e^{-3.384t}+0.573e^{-38.656t}=6.067$$

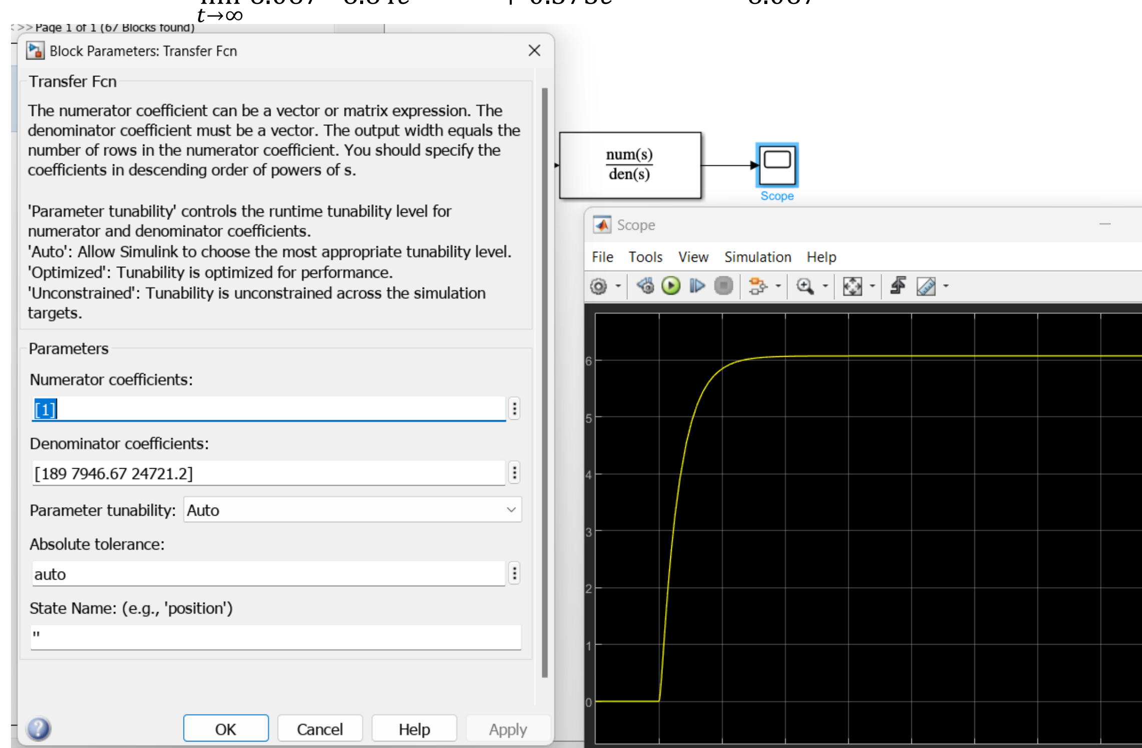
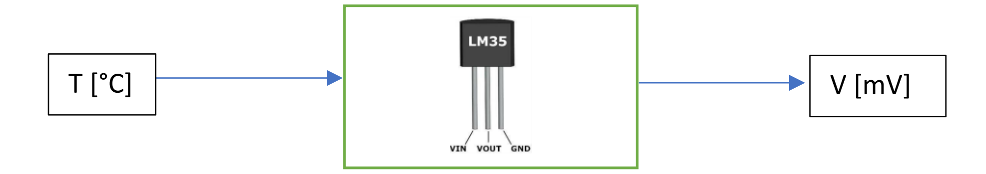


Figura 1: Configuración de la función de transferencia para el Tubo en U.

d. Determine la señal de entrada y salida del LM35.

La señal de entrada es temperatura (calibrado directamente en °C).

La señal de salida es voltaje en $[mV]$.



Features

- Calibrated directly in ˚ Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/˚C scale factor
- 0.5˚C accuracy guaranteeable (at +25˚C)
- Rated for full −55˚ to +150˚C range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 μA current drain
- Low self-heating, 0.08˚C in still air
- Nonlinearity only ±¼˚C typical
- Low impedance output, 0.1 Ω for 1 mA load

Figura 2: Especificaciones del sensor LM35. Extraído de https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/517588/TI1/LM35.html

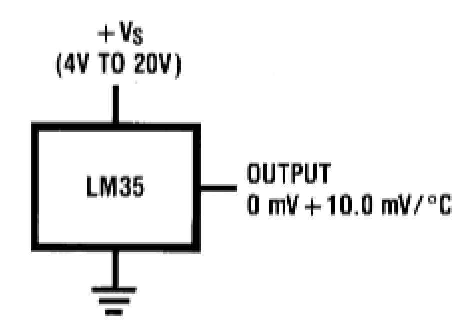


Figura 3: Aplicación del LM35, para medir temperatura en °C, en un rango de (+2˚C a +150˚C). Extraído de https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/517588/TI1/LM35.html

e. Determine la ecuación y la función de transferencia del LM35.

1. Considerando en primera instancia la ecuación del calor, se tiene:

$$Q = h * As(Ta - Ts) \textit{ (1)}$$

cada parte de la ecuación representa:

- **h:** constante de transferencia de calor.
- **As:** área del sensor.
- **Ta:** temperatura ambiente.
- **Ts:** temperatura del sensor.

2. Variación de energía, está expresado como sigue:

$$\Delta E \ = \ E_{in} - E_{out} \textit{ (2)}$$

- **Ein:** energía interna del dispositivo.
- **Eout:** energía fuera del dispositivo.

3. La energía interna (el calor Q en el sensor), estará expresada por la masa (m), el calor específico (Cp), y la variación de temperatura del sensor ΔTs, es decir $\boldsymbol{mCp\Delta Ts}$, al reemplazar esta expresión en ***(1)***, se tiene:

$$mCp\Delta Ts \ = \ hAs(Ta \ - \ Ts)\Delta t \textit{ (3)}$$

4. ΔTs y Δt, al pasarlos como diferenciales, se puede expresar la ecuación ***(3)*** como se indica:

$$\frac{dTs}{dt} = \frac{hAs}{mC_p}(T_0 - T_S) \textit{ (4)}$$

Siendo $\tau = \frac{mC_p}{hAs}$, ya que al realizar el análisis dimensional de $\frac{mC_p}{hAs}$, se tiene $kg\frac{J}{kg°C}\frac{s}{J}\frac{m^2°C}{m^2} = s$ (segundos). Entonces:

$$\frac{dTs}{dt} = \frac{T_0 - T_S}{\tau} \textit{ (5)}$$

3. Al aplicar la Transformada de Laplace a la ecuación ***(5)***, se obtiene la función se transferencia.

$$T(s) = \frac{T_a(s)}{1+\tau s} \textit{ (6)}$$

4. La sensibilidad del sensor de es $10[\frac{mV}{°C}]$, por tanto

$$V(s) = \frac{10}{1+\tau s} \textit{ (7)}$$

5. Si se toma un $\tau \ = \ 5[sec]$, (que por lo general suele ser de 5s), se llega a:

$$V(s) = \frac{10}{1+5s} \textit{ (7)}$$

f. Escoja un software para poder simular el dispositivo por medio de su ecuación o función de transferencia.

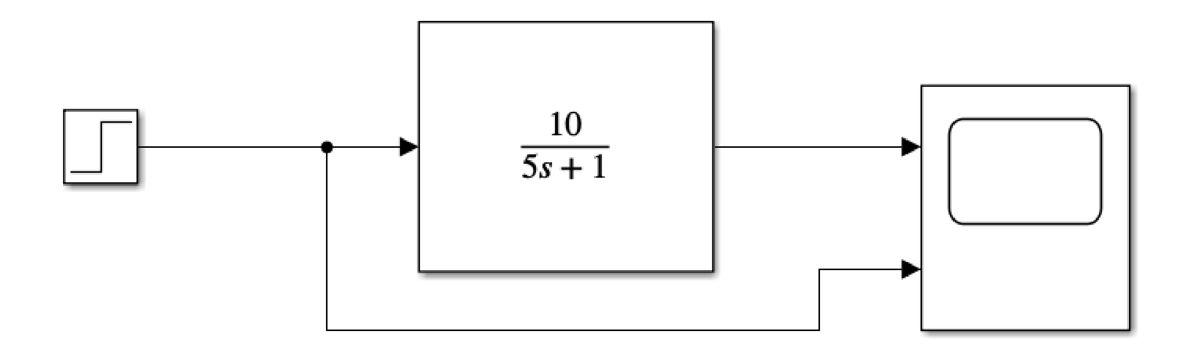


Figura 4: Diagrama de bloques para la función de transferencia del sensor LM35.

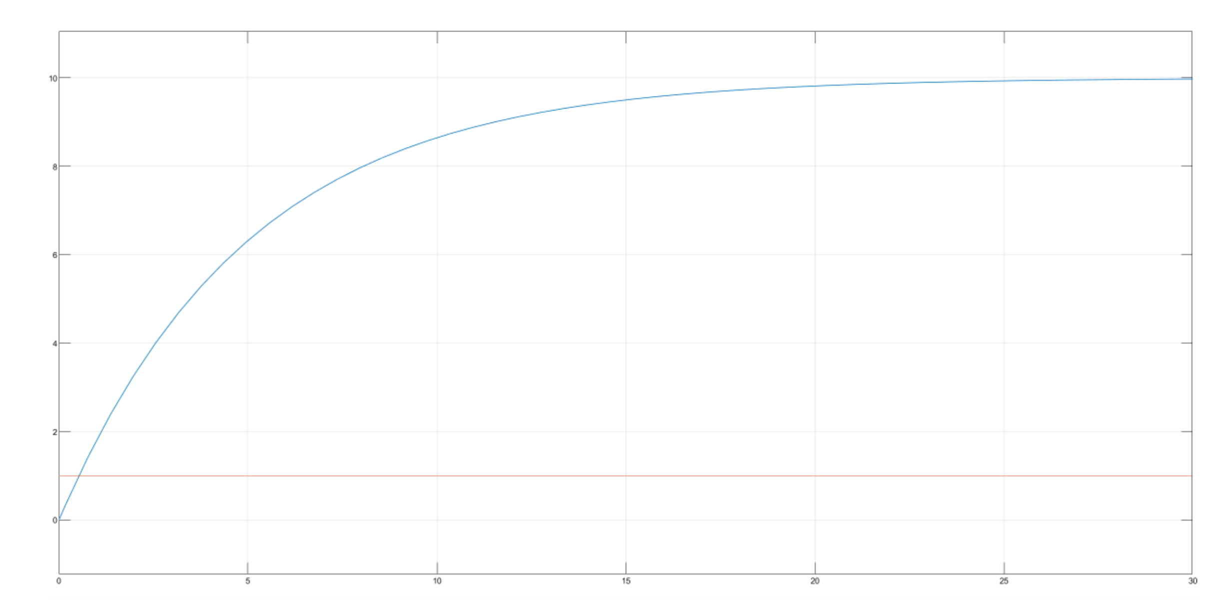


Figura 5: Señal de entrada y salida del sensor, obteniendo así el tiempo de respuesta t = 0.01s.

Bibliografía:

Lm35 pdf. (s/f). Alldatasheet.com. Recuperado el 30 de mayo de 2024, de https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/517588/TI1/LM35.html

Sellens, R. [@RickSellens]. (2014, diciembre 28). *Temperature Sensor Response*. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=THUka7Q8kjo